

**PENGARUH TEMPERATUR PROSES PENGELASAN *FRICTION*
STIR WELDING (FSW) PADA ALUMINIUM SERI 6061 T-6
TERHADAP UJI TARIK**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

ARIF WIBOWO

NIM : D 20090017

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH TEMPERATUR PROSES PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING* (FSW) PADA ALUMINIUM 6061 T-6 TERHADAP UJI TARIK

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

ARIF WIBOWO

D200090017

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pemimbing Utama



Dr. Agus Dwi Anggono

NIDN.06170676


**JUDUL NASKAH PUBLIKASI ILMIAH MAHASISWA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

OLEH

ARIF WIBOWO
D 200 090 017

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Jurusan Teknik Mesin Fakultas teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 9 April 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Dr. Agus Dwi Anggono. (.....) 
(Ketua Dewan Penguji)
2. Wijianto. ST. MEng. Sc. (.....) 
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Pramuko. IP. MT. (.....) 
(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,



I. Sri Sunarjono. MT. Ph.D.
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta 10 April 2018

Penulis



ARIF WIBOWO

D 200 090 017

PENGARUH TEMPERATUR PROSES PENGELASAN FRICTION STIR WELDING PADA ALUMINIUM SERI 6061 T-6 TERHADAP UJI TARIK

Abstraksi

Dalam dunia industri proses peyambungan merupakan salah satu teknik yang sering digunakan dalam pembuatan material atau komponen dalam proses pembuatan produk. Salah satunya metode yang sering digunakan adalah *Friction Stir Welding* (FSW) memanfaatkan gesekan yang terjadi antara tool dan benda kerja yang akan disambung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik sambungan menggunakan metode Friction Stir Welding (FSW) pada material Aluminium 6061 T-6 dengan varriasi temperatur suhu kamar 120°C, 140°C, 160°C, 180°C, dan 200°C. Dari data hasil pengujian tarik didapat bahwa pengelasan Friction Stir Welding (FSW) pada material Aluminium 6061 T-6 kekuatan tarik tertinggi terjadi pada tegangan dengan variasi temperatur 200°C sebesar 172,38 Mpa, regangan sebesar 3,5075% UTS sebesar 54,017% sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada variasi suhu kamar sebesar 117,15 Mpa, regangan sebesar 2,15% dan UTS 36,71%.

Kata kunci : Friction Stir Welding, Aluminium sei 6061 T-6 Terhadap uji tarik

Abstract

In industrial application, joining process is one of an important stage in manufacturing and parts production. One type of welding method is Friction Stir Welding (FSW). It uses heat which is generated from friction between tool and material. The objective of the research is to investigate the tensile strength of FSW joint. Aluminium alloy of AA6061-T6 was selected as specimen material. The FSW process was conducted by using initial heating start from room temperature, 120, 140°C, 160°C, 180°C, and 200°C. Tensile test results were shown the highest tensile strength came from the specimen with 200°C initial heating. It was 172.38 MPa and 3.51% strain. While the specimen created at room temperature or without initial heating was delivered the lowest tensile strength of 117.15 MPa and 2.15% strain.

Keywords: Friction Stir Welding, Aluminum 6061-T6, initial heating, ensile test

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam perkembangan teknologi pada era modern sekarang ini banyak dijumpai pembuatan produk/komponen yang menggunakan penyambungan

material baik dibidang otomotif, manufaktur, kedirgantaraan, perkapalan dll. Dimana metode yang sering digunakan dalam penyambungan material adalah pengelasan. Di industri manufaktur metode pengelasan banyak digunakan karena untuk menghemat biaya produksi dan peningkatan kualitas produk.

Saat ini terdapat 2 macam metode pengelasan yaitu, *Liquid State Welding* (LSW)/Fusion Welding dan *Solid State Welding* (SSW). LSW adalah proses pengelasan logam dengan cara mencairkan logam tersebut terlebih dahulu, sedangkan SSW merupakan proses pengelasan logam yang dilakukan dibawah titik leleh benda kerja tersebut.

Untuk menjawab tantangan persaingan didunia industri maka dikembangkanlah metode *Solid State Welding* (SSW) yang memanfaatkan gesekan yang terjadi antara *tool* dan benda kerja yang akan disambung. Penyambungan ini terjadi karena pengadukan dua sisi potongan logam yang telah mulai melunak. Metode ini disebut dengan *Friction Stir Welding* (FSW). *Friction Stir Welding* (FSW) diciptakan oleh Wayne Thomas di TWI (*The Welding Institute*) pada bulan Desember 1991. FSW dapat diaplikasikan baik itu dibidang otomotif, kedirgantaraan, perkapalan, dan lain-lain.

Proses pengelasan dengan menggunakan variasi temperatur mulai banyak digunakan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari produksi serta untuk meningkatkan kualitas produk. Hal ini mulai menjadi trend di dunia industri seperti pembuatan tailor welded blanks, pembuatan chasis, panel pesawat dan lain lain. Dimana material yang banyak dieksplorasi saat ini adalah material jenis aluminium. Aluminium mempunyai karakter yang cukup sulit untuk dilakukan pengelasan namun mempunyai keunggulan pada kekuatan yang cukup baik, tahan korosif, dan ringan. Kendala ini dapat diatasi dengan pengelasan metode SSW, salah satunya dengan pengelasan *Friction Stir Welding*.

Rajakumar, dkk (2012) di dalam penelitiannya menyebutkan bahwa faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan FSW adalah *welding tool*, kecepatan putar *tool*, kecepatan pengelasan, dan gaya tekan *tool* terhadap benda kerja. Apabila dapat dilakukan pemilihan parameter FSW yang tepat,

maka kekuatan sambungan akan meningkat dan cacat pengelasan dapat diminimalkan.

1.2. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih jelas mengenai kekuatan sambungan las aluminium seri 6000 T-6 yang termasuk *high Strength* Aluminium. Penelitian tersebut akan diuji dengan menggunakan pengujian tarik dengan variasi temperatur pada sambungan las divariasikan dari 0,120°C 140°C 160°C, 180C° dan 200°C untuk melihat kemampuan *formability*nya. Diharapkan dari proses FSW ini didapatkan kesimpulan bagaimana pengaruh temperatur pada alumunium 6061 T-6 yang diberi variasi temperatur.

1.3. Perumusan Masalah

Dari latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahannya yaitu bagaimana pengaruh temperatur pada alumunium dengan metode *Friction Stir Welding*.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini berkonsentrasi pada:

- 1) Metode pengelasan dengan menggunakan metode *Friction Stir Welding* (FSW).
- 2) Material yang digunakan adalah aluminium 6061-T6 dengan tebal 3 mm.
- 3) Sambungan las menggunakan sambungan *butt joint*.
- 4) Material aluminium 6061-T6 ditempatkan pada posisi *advancing side* dan *retreating side*.
- 5) Pengujian yang dilakukan hanya mencakup tentang analisa, pengujian tarik suhu kamar, 120°C , 140°C, 160°C, 180° C, dan 200°C

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui kekuatan tarik maksimal dengan variasi temperatur 120°C, 140°C,160C,180°C,dan 200°C.
- 2) Mengetahui kekuatan regangan hasil pengelasan *friction stir welding* dengan melakukan pengujian tarik.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini baik untuk penulis, masyarakat luas dan dunia pendidikan antara lain yaitu:

- 1) Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya terutama pengelasan *Friction Stir Welding*.
- 2) Memperluas wawasan terhadap ilmu pengetahuan pada bidang teknik pengelasan.
- 3) Memberikan referensi teknik pengelasan aluminium yang lebih efektif dan efisien.
- 4) Memberikan pengetahuan tentang kekuatan mekanik pengelasan aluminium dengan menggunakan variasi temperatur.

1.7. TINJAUAN PUSTAKA

Tunas Dewantara (2015), pengaruh temperatur awal terhadap kekuatan tarik dan struktur makro aluminium 5083 pada pengelasan *Friction Stir Welding*. Tunas menjelaskan bahwa kekuatan tarik rata-rata pada temperatur 160°C adalah 56,37 MPa, 180°C adalah 68,67 Mpa dan temperatur 200°C adalah 81,95 Mpa. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi panas yang dihasilkan semakin sempurna pencairan logam aluminium sehingga mempengaruhi kerapatan hasil pengelasannya.

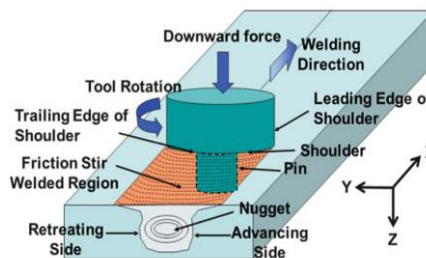
Agus Setiawan dkk (2011), meneliti tentang pengaruh temperatur pada landasan selama proses *Friction Stir Welding* terhadap kekuatan Tarik sambungan las lembaran HDPE. Agus Setiawan menjelaskan bahwa nilai kekuatan Tarik maksimum sambungan las lembaran HDPE untuk kondisi temperatur landasan 30 °C pada semua nilai kecepatan rotasi alat las adalah paling rendah secara rata-rata. Sedangkan untuk kondisi temperatur landasan 150°C pada semua nilai kecepatan rotasi adalah yang tertinggi secara rata-rata.

1.8. Landasan teori

Friction Stir Welding (FSW)

Friction Stir Welding merupakan salah satu jenis pengelasan *Solid State Welding* (SSW) dimana pengelasan FSW memanfaatkan gesekan yang terjadi antara *tool* dan benda kerja yang akan disambung. *Friction Stir Welding* pertama kali ditemukan oleh Wayne Thomas dari *The Welding Institute* dan dipatenkan di *United Kingdom* pada bulan Desember 1991.

Pada proses *Friction Stir Welding*, sebuah *tool* berupa *cylindrical shoulder* yang dilengkapi dengan *pin* berputar dan dibenamkan di antara dua buah pelat yang akan dilas. *Pin* harus lebih pendek dari pada tebal pelat yang akan dilas supaya tidak mengenai alas benda kerja (*backing plate*). Gesekan antara *tool joint* dengan benda kerja mengakibatkan panas dan melunakkan di daerah sekitarnya. Dengan kondisi lunak ini maka *tool joint* dapat digerakkan di sepanjang jalur pengelasan (*joint line*) sehingga terjadi proses pengelasan.



Gambar1 . Friction stir welding (Mirsyah, 2014)

1.9. Aluminium Paduan 6061-T6

Aluminium 6061 merupakan jenis aluminium paduan yang mempunyai kandungan dominan magnesium dan silikon. Jenis aluminium 6061 sendiri masih mempunyai banyak klasifikasi lagi, beberapa contoh klasifikasinya adalah 6061-O, 6061-T4, dan 6061-T6. Berikut adalah diagram fasa dari aluminium paduan 6061. Magnesium dan silika menjadi unsur paduan yang sangat penting bagi paduan aluminium seri 6061 karena magnesium dan silika akan membentuk karbida Mg_2Si yang menyebabkan paduan seri 6061 ini bisa diberikan perlakuan panas untuk memperbaiki sifat mekaniknya. Seri ini banyak digunakan karena sifatnya yang termasuk kuat, mempunyai kemampuan *formability* dan *weldability* yang baik. Biasanya material ini digunakan untuk di berbagai bidang seperti pada *body panel* mobil, struktur *offshore*, pintu, jendela, dan lain-lain.

1.10. Heater

Heater adalah peralatan listrik yang dipakai dalam kehidupan dirumah tangga ataupun di dunia indutri, dalam ini *heater* digunakan untuk menambahkan temperatur atau suhu yang diinginkan pada saat proses pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW).

1.11. Pengujian Hasil Pengelasan

Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan jenis pengujian dengan merusak bahan uji, yaitu dengan pemberian beban tarik pada hasil pengelasan yang semakin lama semakin besar sehingga benda uji patah. Dari pengujian ini akan didapat tegangan tarik, tegangan patah dan tegangan lelah. Bahan yang diuji, dibentuk sesuai dengan standar yang digunakan (Wiryosumarto, 1996).

Tegangan (σ)

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

σ =Tegangan tarik (N/mm² atau MPa).

F = Beban yang diberikan (N).

A = Luas dari penampang benda uji (mm²).

Regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

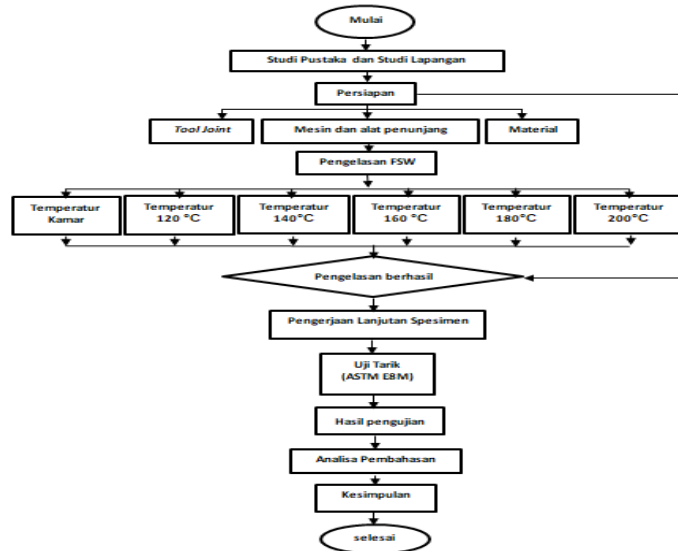
ϵ = Regangan (%)

L = Panjang batang uji yang diberikan pembebanan (mm)

L₀ = Panjang batang uji mula – mula atau sebelum pembebanan (mm)

2. Metode

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir

2.1 Alat dan Bahan

Alat Penunjang

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| a. Mesin <i>Milling</i> Konvensional | f. <i>Sentrofix</i> |
| b. <i>Backing Plate</i> | g. <i>Jangka Sorong</i> |
| c. <i>Tool Joint</i> | h. <i>Therrmo Cople</i> |
| d. <i>Dial Indicator</i> | i. <i>Clamping</i> |
| e. <i>Tool Setter</i> | j. <i>Heater</i> |

Alat Pengujian



Gambar 3. Mesin Uji Tarik merk *Instron* 3367

Bahan



Gambar 4 Aluminium Paduan 6061-T6

2.2 Proses pengelasan

- a) Memasang *backing plate* dan spesimen pada meja mesin milling konvensional.
- b) Setting posisi *spindle head* dengan sudut 1° (*tilt angle*), *rotational speed* = 1250 rpm dan *feed rate* = 10 mm/menit.
- c) Hidupkan mesin milling konvensional.
- d) Turunkan *tool joint* dengan menggunakan eretan sumbu Z sesuai dengan jarak *tool setter* hingga ujung *pin/probe* menyentuh permukaan material aluminium.
- e) Benamkan *pin/probe* kedalam benda kerja dengan kedalaman 3 mm.
- f) Tunggulah ± 20 detik agar material aluminium menjadi lunak.
- g) Menghidupkan langkah otomatis pada eretan sumbu X.
- h) Mencatat temperatur dari proses pengelasan.
- i) Setelah *tool joint* berada diakhir pengelasan, mematikan langkah otomatis.
- j) Naikkan *tool joint* dengan menggunakan eretan sumbu Z.
- k) Matikan mesin milling konvensional.
- l) Lakukan pengecekan kondisi dari *pin/probe*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Tarik

Pengujian yang bertujuan untuk mengetahui gambaran tentang kekuatan sambungan hasil pengelasan dengan menambahkan beban secara perlahan-lahan sampai batas maksimum pada material hasil pengelasan saat mengalami plastisitas hingga putus. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Machine milik Balai Besar Latihan Tenaga Kerja Industri Surakarta.

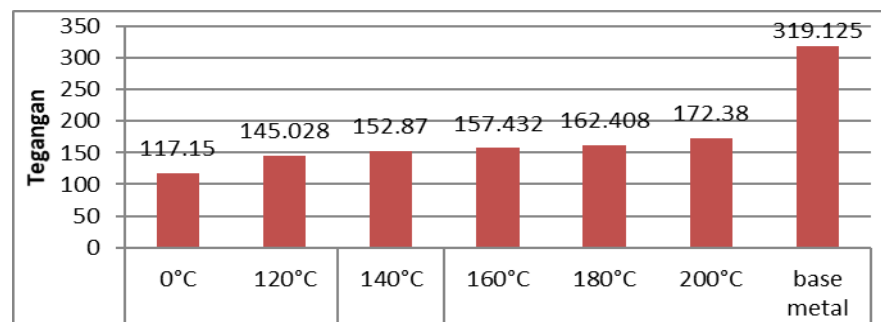
Tabel 1 Hasil Pengujian Tarik

Material	Variasi Temperatur (%)	Ultimate Tensile Strength (Mpa)	Strain (%)	Rata-rata Ultimate Tensile Strength (Mpa)	Rata-rata Strain (%)	Efisiensi UTS Sambungan (%)	Lokasi patahan
Aluminium	Suhu ruangan	107,1	1,14				<i>Weld Nugget</i>

6061 T6 X 6061 T6	Suhu ruangan	108,85	1,63	117,15	2,15	36,71	<i>HAZ Retreating</i>
	Suhu ruangan	112,97	1,79				<i>HAZ Retreating</i>
	Suhu ruangan	139,68	4,04				<i>HAZ Retreating</i>
	120°C	140,34	3,03	145,0275	3,085	45,446	<i>Weld Nugget</i>
	120°C	145,66	1,95				<i>HAZ Retreating</i>
	120°C	146,32	3,24				<i>HAZ Retreating</i>
	120°C	147,79	4,12				<i>HAZ Retreating</i>
	140°C	150,37	3,17	152,87	3,18	47,902	<i>Weld Nugget</i>
	140°C	152,67	3,31				<i>HAZ Retreating</i>
	140°C	153,1	2,91				<i>HAZ Retreating</i>
	140°C	155,34	3,33				<i>HAZ Retreating</i>
	140°C	156	3,09	157,4325	3,495	49,332	<i>Weld Nugget</i>
	160°C	156,69	4,13				<i>HAZ Retreating</i>
	160°C	158,16	3,38				<i>HAZ Retreating</i>
	160°C	158,88	3,38				<i>HAZ Retreating</i>
	180°C	160,67	3,74	162,4075	3,505	50,891	<i>Weld Nugget</i>
	180°C	161,55	3,6				<i>HAZ Retreating</i>
	180°C	163,55	3,34				<i>HAZ Retreating</i>
	180°C	163,86	3,34				<i>HAZ Retreating</i>
	200°C	164,61	3,65	172,38	3,3325	54,017	<i>Weld Nugget</i>
	200°C	169,79	3,04				<i>HAZ Retreating</i>
	200°C	175,22	3,32				<i>HAZ Retreating</i>
	200°C	179,9	3,32				<i>HAZ Retreating</i>
B. Metal	-	316,76	5,48	319,125	2,74	100	<i>Base Metal</i>
B. Metal	-	321,49	5,29				<i>Base Metal</i>

Analisa patahan:

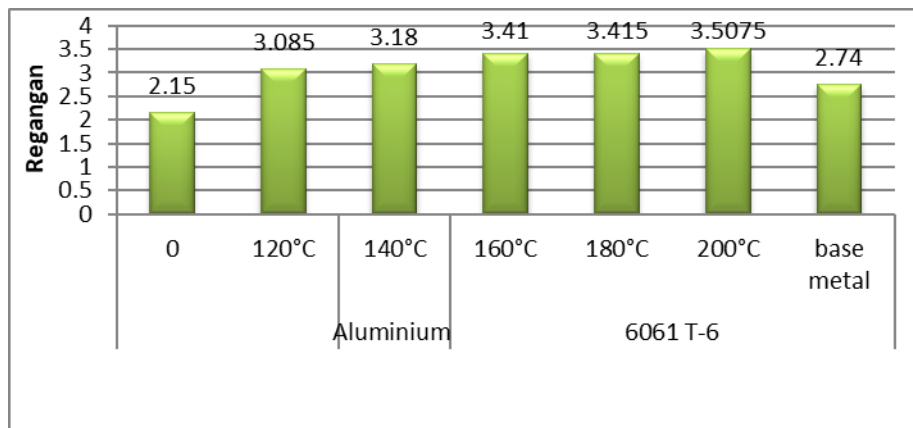
Pengelasan pada material sejenis dengan tanpa penambahan temperatur dan tambahan temperatur 120°C terjadi patahan di daerah *weld nugget* dengan patahan berbentuk tegak lurus terhadap arah pembebanan dimana itu menandakan bahwa kekuatan yang dihasilkan pada pengelasan kurang maksimal. Hal ini diakibatkan adanya cacat pengelasan di beberapa titik. Tetapi tidak terjadi pada pengelasan material dengan variasi temperatur 140°C, 160°C, 180°C dan 200°C yang terjadi patahan di daerah *Haz Retreating* dengan patahan berbentuk tegak lurus terhadap arah pembebanan menunjukkan bahwa pencampuran kedua material yang berbeda sifat mekanik mengakibatkan penguatan pada daerah pengelasan dan juga untuk temperatur pengelasan lebih tinggi.



Gamabar 5 Grafik Hasil Perbandingan *Ultimate Tenstil Strength*

Analisa Kekuatan Tarik:

Grafik hasil uji tarik diatas menunjukkan kekuatan tarik pada pengelasan *Frictition Stir Welding (FSW)* aluminium 6061T-6 dengan variasi suhu kamar mempunyai nilai 117,15 Mpa. Pada pengelasan *Friction Stir Welding (FSW)* aluminium 6061 dengan menambahkan temperatur 120°C mempunyai nilai 145,028 Mpa. Pada pengelasan *Friction Stir Welding (FSW)* aluminium 6061 dengan menambahkan temperatur 140°C mempunyai nilai 152,87 Mpa. Pada pengelasan *Friction Stir Welding (FSW)* aluminium 6061 dengan menambahkan temperatur 160°C mempunyai nilai 157,432 Mpa. Pada pengelasan *Friction Stir Welding (FSW)* aluminium 6061 dengan menambahkan temperatur 180°C mempunyai nilai 162,408 Mpa. Pada grafik hasil pengelasan *Friction Stir Welding (FSW)* aluminium 6061 dengan menambahkan temperatur 200°C mempunyai nilai paling besar dibandingkan pengelasan *Friction Stir Welding* 1-5 yang hanya memiliki kekuatan tarik 172,38 Mpa.

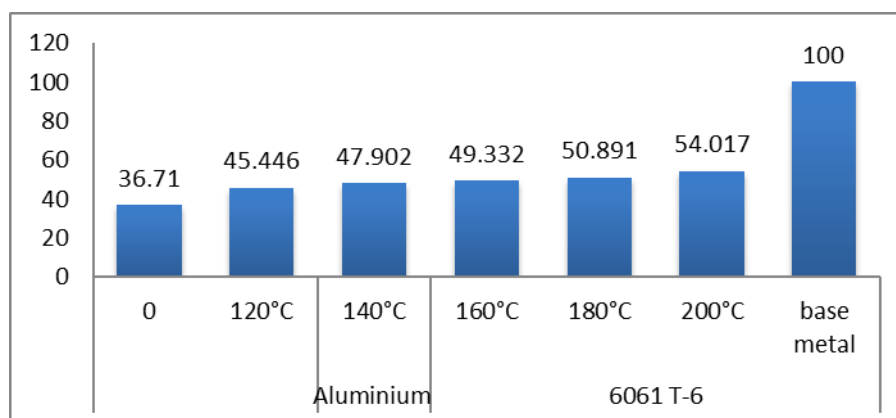


Gambar 6 Grafik hasil perbandingan *strain* /Regangan (%)

Analisa Regangan (*Strain*)

Grafik hasil uji tarik diatas menunjukkan nilai regangan (*strain*) pengelasan *Friction Stir Welding (FSW)* dengan material aluminium 6061 T-6 dengan menggunakan variasi suhu kamar mempunyai nilai 2,15%. Pada hasil pengelasan *Friction Stir Welding (FSW)* aluminium 6061 T-6 dengan

menambah temperatur 120°C memiliki nilai 3,085%. Pada hasil pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) material aluminium 6061 T-6 dengan menambah 140°C memiliki nilai 3,18%. Pada hasil pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) material aluminium 6061 T-6 dengan variasi 160°C memiliki nilai 3,41%. Pada hasil pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) material aluminium d 6061 T-6 dengan menambahkan temperatur 180°C mempunyai nilai 3,415%. Dari grafik hasil pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) aluminium 6061 dengan menambahkan temperatur 200°C mempunyai nilai paling besar dibandingkan pengelasan *Friction Stir Welding* 1-5 yang kekuatan regangan dibawah 3,5075%.



Gambar 7 Grafik Efisiensi *Ultimate Tensile Strength*

Grafik hasil uji diatas menunjukkan nilai Efisiensi *Ultimate Tensile Strength* pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) dengan material aluminium 6061 T-6 tanpa menggunakan variasi temperatur mempunyai nilai 36,71%. Pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) aluminium 6061 T-6 dengan menambahkan tempratur 120°C mempunyai nilai 45,446%. Pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) aluminium 6061T-6 dengan menambahkan tempratur 140°C mempunyai nilai 47,902%. Pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) aluminium 6061T-6 dengan menambahkan tempratur 160°C mempunyai nilai 49,332%. Pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) aluminium 6061 T-6 dengan menambahkan tempratur 180°C mempunyai nilai 50,891%. Pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW)

aluminium 6061 T-6 dengan menambahkan temperatur 200°C mempunyai nilai 54,017%.

Dari grafik diatas *Efisiensi Ultimate Tensile Strength* terjadi pada saat penambahan temperatur 200°C dikarenakan pada nilai efisiensi lebih besar dibandingkan penambahan temperatur dan variasi temperatur 1-5 yang nilainya dibawah 54,017%.

4. Penutup

- 1) Dari hasil pengujian yang disimpulkan oleh penulis bahwa hasil dari kekuatan tarik maksimal dari pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) pada Aluminium seri 6061T-6 dengan variasi temperatur 200°C sebesar 172,38 Mpa. Sedang kekuatan minimal terjadi pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) pada Aluminium seri 6061T-6 dengan variasi suhu ruangan sebesar 117,15 Mpa.
- 2) Keuatan regangan tertinggi yang dihasilkan pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) terjadi pada variasi temperatur 200°C sebesar 3,5075%. sedangkan regangan terendah terjadi pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) terjadi pada suhu ruangan yaitu sebesar 2,15%.
- 3) *Efisiensi Ultimate Tensile Strength* (UTS) tertinggi pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) terjadi pada variasi temperatur 200°C sebesar 54,017% sedangkan *Efisiensi Ultimate Tensile Strength* (UTS) terendah terjadi pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) pada Aluminium seri 6061T-6 dengan variasi suhu ruangan sebesar 36,71%.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials, 2003, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Material*, ASTM, E8M-04
- Amini, A., Asadi, P., Zolghadr, P., dan Noor, P., 2014, *Friction Stir Welding in Industry*, University of Tehran, Iran
- Dewantara, Tunas., 2015, *pengaruh temperatur awal terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro Aluminium 5083 pada pengelasan Friction Stir Welding*, UNILA, Lampung, Lampung.

- Duniawan, Agus., 2016, *Pengaruh Post Weld Heat Treatment pada Pengelasan Friction Stir Welding (FSW) Aluminium 2024*. IST AKPRIND Yogyakarta
- Hariyanto, Agus Hadi., Triyono,Triyono., Supriyanto, Agus., 2015, *Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Fisik Mekanik Pada Sambungan Difusi Logam Tak Sejenis Antara Ss400 Dengan Al6061*. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/8557>
- Mishra, R.S., dan Mahoney, M.W., 2007, *Friction stir welding And Processing Material Science and Engineering*, www.asminternational.org.
- Wijayanto, J., dan Anelis, A., 2010, *Pengaruh Feed Rate terhadap Sifat Mekanik pada Pengelasan Friction Stir Welding Aluminium 6110*, Akprind, Yogyakarta.
- Wirjosumarto, H., Okumura, S., 1996, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.